

УДК 669.15-194.56:539.89:536.42

**Н. В. Катаева^{1*}, В. В. Сагарадзе¹, И. Г. Кабанова¹,
А. В. Павленко^{2*}**

¹Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

²РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина, г. Снежинск

*kataeva@imp.uran.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ УДАРНО-ВОЛНОВОГО НАГРУЖЕНИЯ НА ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АЗОТИСТОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ

Методами металлографии, трансмиссионной электронной микроскопии и EBSD анализа определены особенности структурно-фазовых превращений при различных температурах ударно-волнового нагружения в аустенитной стали 04N–20Cr–6Ni–11Mn–2Mo–V–Nb.

Ключевые слова: аустенитная сталь, ударно-волновое воздействие, эпсилон мартенсит, электронная микроскопия, температура деформации.

N. V. Kataeva, V. V. Sagaradze, I. G. Kabanova, A. V. Pavlenko

TEMPERATURE INFLUENCE OF SHOCK-WAVE LOADING ON PHASE TRANSFORMATIONS IN NITROGENOUS AUSTENITIC STEEL

The study of structural-phase transformations at different velocities and temperatures of shock-wave loading in austenitic steel 04N–20Cr–6Ni–11Mn–2Mo–V–Nb was carried out by methods of metallography, transmission electron microscopy and EBSD analysis.

Key words: austenitic steel, shock-wave action, epsilon martensite, electron microscopy, deformation temperature.

Аустенитная сталь Х20Н6Г11АМ2БФ с 0,4 мас. % азота после закали с прокатного нагрева, а также после закалки от 1100 °С и холодной деформации на 15 %, обладает высокими механически-

ми свойствами, повышенными характеристиками износостойкости и сопротивления коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН), что свидетельствует о возможности ее использования в качестве плакирующего материала корпусных сталей арктических судов.

Настоящая работа посвящена исследованию ударно-волнового нагружения на структурно-фазовые превращения Cr–Mn–N аустенитной стали при различных температурах, в том числе при температурах ниже 0.

Холодная деформация азотистой аустенитной стали X20H6Г11М2АФБ при температурах -129 и 20 °С со скоростью 448 м/с практически не изменяет зеренную структуру. Основные деформационно-индуцированные структурные изменения происходят внутри зерен, что подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями.

После ударно-волнового воздействия при -129 °С внутри аустенитных зерен наблюдалось повышение плотности дислокаций и развитие прямого мартенситного превращения с образованием ϵ -мартенсита с ГПУ решеткой.

Повышение температуры деформации от 20 до 203 °С (при близкой скорости нагружения 530 м/с) приводит к формированию вытянутых дислокационных скоплений в пределах бывших ϵ -пластин, которые претерпели $(\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \gamma)$ -превращение. Образование ϵ -фазы при достаточно высокой температуре 203 °С объясняется высоким давлением при ударно-волновом нагружении, что приводит к повышению температуры мартенситного $(\gamma \rightarrow \epsilon)$ -превращения и интенсификации процесса образования ϵ -фазы с наименьшим удельным объемом. В структуре не сохраняются кристаллы ϵ -фазы, они испытывают обратное $(\epsilon \rightarrow \gamma)$ -превращение при снятии высокого давления в условиях повышенных температур (более 203 °С). В результате деформации и фазового наклепа при $(\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \gamma)$ -превращении локальная плотность дислокаций в аустените увеличивается до 8×10^{10} см $^{-2}$.

После деформации стали X20H6Г11М2АФБ при высоких температурах (548 и 654 °С) и скоростях ударно-волнового нагружения (509 и 554 м/с) наблюдается равномерное распределение дислокаций. Нет вытянутых скоплений дислокаций, что говорит об отсутствии деформационно-индуцированного превращения $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \gamma$. В отдельных участках образца наблюдаются области с пониженной плотностью дис-

локаций, что связано с развитием процессов возврата и полигонизации. Высокие температуры обработки вызывают выделение карбонитридов ванадия и ниобия.

*Работа выполнена по теме «Структура»,
№ АААА-А18–118020190116–6.*

*Электронно-микроскопические исследования проведены
в ОЭМ ЦКП ИФМ УрО РАН.*